



Best Available Copy

ITW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application No. : 10/625,642 Confirmation No. : 9723  
First Named Inventor : Kazuhiko HANAWA  
Filed : July 24, 2003  
TC/A.U. : 3662  
Examiner : John SOTOMAYOR  
  
Docket No. : 056205.52633US  
Customer No. : 23911  
  
Title : Radio-Wave Radar System and Adaptive Cruise Control  
System

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS UNDER 35 U.S.C. § 119

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

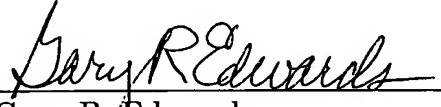
Sir:

The benefit of the filing dates of prior foreign application No. 2002-218234, filed in Japan on July 26, 2002, and prior foreign application No. 2003-275888, filed in Japan on July 17, 2003 was claimed herein pursuant to 35 U.S.C. § 119.

In support of said claim, filed herewith are certified copies of the original foreign applications.

Respectfully submitted,

April 6, 2006

  
\_\_\_\_\_  
Gary R. Edwards  
Registration No. 31,824

CROWELL & MORING LLP  
Intellectual Property Group  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844  
GRE/ajf

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 7月26日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-218234

[ST.10/C]:

[JP2002-218234]

出 願 人  
Applicant(s):

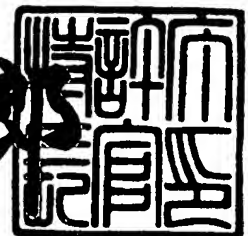
株式会社日立製作所

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2003年 4月22日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



【書類名】 特許願

【整理番号】 A200882

【提出日】 平成14年 7月26日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01S 13/00

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地 株式会社  
                                 日立製作所 自動車機器グループ内

    【氏名】 塙 和彦

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 2 番 1 号 株式会社 日立  
                                 製作所 日立研究所内

    【氏名】 黒田 浩司

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地 株式会社  
                                 日立製作所 自動車機器グループ内

    【氏名】 高野 和朗

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

    【識別番号】 100091096

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 平木 祐輔

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 015244

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電波レーダ装置及び車間距離制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 前方物標との距離又は相対速度の少なくとも一方を求める電波レーダ装置であって、

送信電波周波数を変調する変調手段と、

該送信周波数に対応した受信反射波の位相情報と周波数情報とを識別する手段と、

前記前方物標との相対速度の変化により、前記変調手段における変調方式を切り替える制御手段と

を備えることを特徴とした電波レーダ装置。

【請求項 2】 前記制御手段は、前記前方物標との相対速度があるしきい値よりも大きい場合に用いるのに適した周波数変調方式であって 2 つの周波数を交互に切り替えながら変調する 2 周波 CW 変調方式と、前記前方物標との相対速度があるしきい値よりも小さい場合に用いるのに適した周波数変調方式であって任意の一定の周波数から短時間の期間だけ少なくとも 2 種類の別の周波数へ変調する周波数パルス CW 変調方式とを切り替えることを特徴とする請求項 1 に記載の電波レーダ装置。

【請求項 3】 前記 2 周波 CW 変調方式を用いたときに得られる中間周波数信号の位相情報に基づき、前記周波数パルス CW 変調方式におけるパルス発生時間間隔を決定することを特徴とする請求項 2 に記載の電波レーダ装置。

【請求項 4】 前記 2 周波 CW 変調を用いたときに得られる中間周波数信号の位相情報から自己の前方物標との間の距離を計算し、レーダから放射された電波波信号が前記前方物標により反射されて戻るまでの往復時間に等しいパルス発生時間間隔を有する周波数パルスとすることを特徴とする請求項 2 に記載の電波レーダ装置。

【請求項 5】 さらに、パルス周波数の個々の周波数差が等しくなるように変調する周波数パルス CW 変調手段を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の電波レーダ装置。

【請求項 6】 さらに、周波数をパルス CW 変調手段によって得られる中間周波数信号の任意周波数信号を通過させる周波数フィルタ手段と、

中間周波数信号の振幅を直流電圧信号に変換する信号変換手段と、

前記直流電圧信号の有無を検出する信号処理手段と

を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の電波レーダ装置。

【請求項 7】 前方物標との距離又は相対速度を計算する電波レーダ装置であって、

送信電波周波数を変調する変調手段と、

該送信周波数に対応した受信反射波の位相情報と周波数情報とを識別する手段と、

前記前方物標との相対速度の変化により、前記変調手段における変調方式を切り替える制御手段と、

送信周波数を任意周波数から短時間だけ別の周波数へ変調したときの時間と、変調した周波数を受信したときの時間との時間差を計測する測定手段とを有することを特徴とする電波レーダ装置。

【請求項 8】 前記制御手段は、前方物標との相対速度の絶対値が一定以上である場合には 2 周波 CW 変調の変調信号を選択し、前記相対速度の絶対値が一定以下であるときは、周波数パルス CW 変調に切り替え又は併用する制御を行うことを特徴とする請求項 7 に記載の電波レーダ装置。

【請求項 9】 前方物標との距離又は相対速度を計算する電波レーダ装置であって、

送信電波周波数を変調する変調手段と、

該送信周波数に対応した受信反射波の位相情報と周波数情報とを識別する手段と、

任意の一定の周波数から短時間の期間だけ 2 種類以上の別の周波数へ変調する周波数パルス CW 変調方式とを切り替える制御手段とを備えることを特徴とする電波レーダ装置。

【請求項 10】 請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の電波レーダからの距離情報に基づき、電波レーダを搭載する自車両との車間距離を一定に保つ

ように、ブレーキアクチュエータ駆動手段とアクセルスロットル駆動手段とを制御することを特徴とする車間距離制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、自車と前方車もしくは障害物などの物標との間の距離又は相対速度を検出する電波レーダ装置とその応用技術とに関する。

【0002】

【従来の技術】

電波レーダは、雨や霧などが存在する悪天候の場合においても、電波ビームの減衰量が小さく遠距離まで電波が到達するため、航空管制や気象観測等の分野で広く用いられてきた。最近では、自動車の予防安全の分野において、前方車との車間距離、相対速度を計測するミリ波帯周波数を用いた電波レーダ（以下「ミリ波レーダ」と称する。）が研究・開発され、一部で商品化されている。

【0003】

ミリ波レーダの変調方式にはいくつかの方式があるが、代表的なものとしては、特許第3203600号公報に記載されている2周波CW方式のレーダ技術がある。当該特許公報に記載されている技術（検知原理）を、図14から図17までを参照して説明する。図14は、2周波CW方式のミリ波レーダの構成例を示すブロック図である。図14に示すように、ミリ波発振器601は、2周波CW変調信号602を発生する変調回路603により変調され、時分割で $f_1$ と $f_2$ （ここで $\Delta f = f_2 - f_1$ ）の2つの周波数を切り替えるように変調された送信信号618を送信アンテナ604から放射する。

【0004】

2つの周波数を有する送信信号は前方車605に反射し、この反射信号が受信信号619となり、受信アンテナ606に入力する。この際、前方車605とミリ波レーダ装置600間に相対速度 $V$ がある場合、ドップラ周波数 $f_{d1}$ と $f_{d2}$ が発生し、受信信号619の周波数は、それぞれ $f_1 + f_{d1}$ 、 $f_2 + f_{d2}$ となる。受信信号619がミキサ608を通過すると、 $f_{d1}$ と $f_{d2}$ とのそ

れぞれの情報を含む時分割した信号（中間周波数信号（以下「IF信号」と称する。）となる。IF信号614は、アンプ609により増幅された後、2周波変調信号602と同期して切り替えられるスイッチ610により、2つのローパスフィルタLPFa611とLPFb612の方向に分配される。2周波CW変調信号602とスイッチ610とは、制御装置616により制御される。

## 【0005】

図15に、図14に示される2周波CW変調信号602と、ローパスフィルタ611と及び612を通過した後のIF信号615と、の関係を示す。ローパスフィルタ611及び612を通過したIF信号615は、スイッチ610を通過する前の時分割したIF信号614の方絡線からなる2種類のIF信号となる。この信号が、変調周波数 $f_1$ 、 $f_2$ に対するドップラ信号である。このドップラ信号を、ADC（ADコンバータ）616により離散値化し、信号処理装置617によりFFT解析すると、周波数 $f_{d1}$ 、 $f_{d2}$ と、位相差 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ とを求めることができる。自車両と前方車605との相対速度 $V$ は式（1）より求めることができる。

$$V = C \times f_{d1} / (2 \times f_1) \text{ 又は } V = C \times f_{d2} / (2 \times f_2) \quad (1)$$

ここで、 $C$ は電波伝播速度であり、 $f_{d1} \ll f_1$ 、 $f_{d2} \ll f_2$ 、 $\Delta f \ll f_1$ の場合には、 $f_{d1} \approx f_{d2}$ と近似できる。従って、 $V \approx C \times f_{d1} / (2 \times f_0)$ であり、ここで、 $f_0 = (f_1 + f_2) / 2$ である。

## 【0006】

また、車間距離 $R$ は式（2）により表すことができる。

$$R = C \times (\phi_1 - \phi_2) / (4 \pi \Delta f) \quad (2)$$

ここで、図16に示すように、自車両801と、その前方に存在する前方車両802とのそれぞれの走行速度が $V_1$ 及び $V_2$ （ $V_1 > V_2$ ）であるとする、相対速度 $V$ は（ $V_1 - V_2$ ）となる。この相対速度 $V$ に対するそれぞれのドップラ信号周波数を $f_{d1}$ 及び $f_{d2}$ とした場合、その信号をFFT解析して得られる電力の周波数スペクトルは図17に示すようになる。図17に示すように、ドップラ周波数 $f_{d1}$ 、 $f_{d2}$ に対応した周波数軸上に鋭い電力スペクトルのピークが観測される。この電力スペクトルのピークにおける周波数情報と位相情報と



に基づいて、上記（１）および（２）式により、車両同士の相対速度  $V = (V_1 - V_2)$  と車間距離  $R$  とを求めることができる。

#### 【 0 0 0 7 】

以上説明した２周波ＣＷ方式における信号処理は、ＦＦＴ解析の結果からスペクトルを検出し、図１７に示すように１つ前方車に対して対応した１つスペクトルが観測され、その周波数情報から相対速度  $V$  を、また位相情報から車間距離  $R$  を、同時に求めることができるため、複雑な信号処理を行わなくても安定した前方車検知が可能である。

#### 【 0 0 0 8 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記２周波ＣＷ方式を利用した技術には、以下に示すような問題がある。ミリ波レーダを距離センサとした車間距離制御装置（以下、「ＡＣＣ（Adaptive Cruise Control）装置」と称する。）は安全運転や自動走行などに対してきわめて有効である。ＡＣＣ装置は、前方車と自車両との車間距離を自車の速度に応じて一定にする制御を行う。

#### 【 0 0 0 9 】

ところで、ＡＣＣ制御装置は車間距離を一定に保つように制御するため、前方車が定速走行している場合には、自車と前方車との相対速度が“０”の状態が発生しやすい。２周波ＣＷ方式において、相対速度が“０”の状態は、ドップラ信号の周波数も“０”となるためＩＦ信号の周波数も“０”となり、前方車を検知できない（不検知）状態が発生しやすい。

#### 【 0 0 1 0 】

図１８に、ＡＣＣ制御装置を用いて制御した場合における、自車と前方車との車間距離と両者の相対速度と自車速度との時間変化の例を示す。ＡＣＣ制御装置は、前方車が存在しない場合には運転者が設定した設定速度になるように自車速度を制御し、ミリ波レーダが前方車を検知すると前方車の設定速度が自車速度よりも小さい場合には自車のＡＣＣ装置が車間距離を一定にするための減速を開始する（図１８のポイントＡ）。次に自車と前方車との速度が等しくなり、相対速度０の状態が発生すると、上述の原理によりミリ波レーダは前方車を見失ってしま

う（図 1 8 のポイント B）。

【 0 0 1 1 】

この際、ACC 制御装置は前方車を検知できないため、再び元の設定速度になるように加速を開始する。自車が加速されると、前方車と自車との間に相対速度が再び発生するため、ミリ波レーダは前方車を検知（前方車の捕捉）できるようになる（図 1 8 のポイント C）。

【 0 0 1 2 】

次に、ACC 制御装置により自車が再び減速し、前方車との車間距離を一定に保つ制御を開始し、相対速度が再び“0”となりミリ波レーダは前方車を見失う（図 1 8 のポイント D）。同様に、前方車が車線変更等して検知範囲から消えない場合を除いて、図 1 8 のように捕捉と不検知と再捕捉とを繰り返すことになる。以上のように、2 周波 CW 方式のミリ波レーダと ACC 制御装置とを組み合わせ速度制御を行うと、ミリ波レーダがターゲットを見失うことにより、自車の加速と減速との繰り返しが頻繁に発生し、前方車に追従する走行において運転者の快適性を損う走行となりかねない。

本発明の目的は、ACC 制御装置による制御下において、安定した走行を実現するためのミリ波レーダ及びその応用技術を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明の一観点によれば、前方物標との距離又は相対速度を計算する電波レーダ装置であって、送信電波周波数を変調する変調手段と、該送信周波数に対応した受信反射波の位相情報と周波数情報とを識別する手段と、前記前方物標との相対速度の変化により、前記変調手段における変調方式を切り替える制御手段とを備えることを特徴とした電波レーダ装置が提供される。

【 0 0 1 4 】

前記制御手段は、前記前方物標との相対速度があるしきい値よりも大きい場合に用いるのに適した周波数変調方式であって 2 つの周波数を交互に切り替えながら変調する 2 周波 CW 変調方式と、前記前方物標との相対速度があるしきい値よりも小さい場合に用いるのに適した周波数変調方式であって任意の一定の周波数

から短時間の期間だけ少なくとも２種類の別の周波数へ変調する周波数パルスＣＷ変調方式とを切り替えるのが好ましい。ここで、しきい値は、２周波数ＣＷ変調方式における測定限界値を基準に求めることができる。

## 【 0 0 1 5 】

すなわち、本発明は発振周波数をパルス状に変調する変調信号（周波数パルスＣＷ方式）を組み合わせることにより、前方車との間の車間距離を見失いなく連続検知し、なおかつ負荷の軽い信号処理により、その距離を求めることにある。

## 【 0 0 1 6 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について説明する前に、発明者の行った考察について説明する。２周波ＣＷ方式を用いて前方車のモニタリングを行っている場合であって前方車が２周波ＣＷ方式では不検知になった場合には、たとえ前方車との距離を精度良く検出できなくても良く、不検知の原因に関して、前方車が実際に存在しなくなったことに起因しているのか、自車と前方車との相対速度が小さくなったことに起因して単に２周波ＣＷ方式では検知できなくなったことに起因しているのかを知ることさえできれば良いことに気が付いた。

## 【 0 0 1 7 】

発明者は、さらに、前者又は後者のいずれに起因しているかは、発振周波数をパルス状に変調させる変調信号を前方に向けて出射し、それを受けることにより、知ることができると考えた。すなわち２周波ＣＷ方式の利点を生かしつつ、自車と前方車との相対速度が小さくなった場合に、前方車の有無を検知できる手法を併用することにより、上記の問題を解決できる可能性があることに気が付いた。

## 【 0 0 1 8 】

以下、上記考察に基づき、本発明の第１の実施の形態による電波レーダ装置、車間距離制御装置及びＡＣＣ装置について図面を参照しつつ説明する。図１は、本実施の形態によるミリ波レーダ装置の機能ブロック図である。ミリ波レーダ装置１は、ミリ波送信信号１４０を発振する発振器１１と、ミリ波送信電波１５０を放射する送信アンテナ１２と、その発振周波数を変調する変調回路１０と、前方車２から反射したミリ波受信電波１５１を受ける受信アンテナ１３と、送信信

号 1 4 0 と受信信号 1 4 1 とを入力して I F 信号 1 4 2 を生成するミキサ 1 4 と、I F 信号を増幅するアンプ 2 5 と、任意の帯域周波数信号のみを通過させる共振器 1 5 と、交流信号を直流信号に変換する A C / D C コンバータ 1 6 と、S / H (サンプルホールド回路) 1 7 と、変調信号 1 2 0 と変調信号 1 2 1 との切替を行う変調回路 1 0 と、スイッチ回路 1 8 と、変調回路 1 0、S / H 回路 1 7、スイッチ回路 1 8 を制御する制御装置 2 3 と、S / H 回路 1 7 及び L P F a 1 9、L P F b 2 0 (ともにローパスフィルタ) から信号を受ける A D C 回路 2 1 (A D コンバータ) と、A D C 回路 2 1 から I F 信号のデジタル信号値を受け、前方車の距離及び相対速度を計算する信号処理装置 2 2 と、を含んで構成される。

## 【 0 0 1 9 】

次に、本実施の形態による前方車検知手段について説明する。本実施の形態においては、一般的な 2 周波 C W 方式と、新たに考案した周波数パルス C W 方式 (詳細仕様は後述する) の信号処理とを併用する。すなわち、自車と前方車との間の相対速度  $V$  の絶対値が一定値以上である場合は、一般的な 2 周波 C W 方式により検知を行う。以下、その動作原理について説明する。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 において、前方車と自車の間の相対速度  $V$  が一定値以上である場合は、ミリ波レーダを 2 周波 C W 方式で動作させる。ミリ波発振器 1 1 から発生するミリ波送信信号 1 4 0 (周波数  $f_1$ 、 $f_2$ ) は、方向性結合器 2 4 を通り送信アンテナ 1 2 から放射される。また方向性結合器 2 4 は、送信信号の一部をミキサ 1 4 に分配する。ミリ波発振器 1 1 は変調回路 1 0 の 2 周波変調信号 1 2 0 に変調される。この変調信号の選択は制御装置 2 3 により行なわれる。2 周波 C W 変調信号 1 2 0 により、ミリ波発振器 1 1 の発振周波数が  $f_1$ 、 $f_2$  の 2 種類の周波数に交互に切り替わるように変調する。

## 【 0 0 2 1 】

送信アンテナ 1 2 から放射された送信信号 1 5 0 のうち前方車 2 によりドップラシフトを受けた信号は、ミリ波受信信号 1 5 1 (周波数  $f_1 + f_d$ 、 $f_2 + f_d$ ) となる。このミリ波受信信号 1 5 1 は受信アンテナ 1 3 により受信され、受信信号 1 4 1 となる。この受信信号 1 4 1 は、ミキサ 1 4 により方向性結合器 2

4により分配された送信信号140の一部とミキシングされてIF信号142（ドップラ信号（周波数 $f_d$ ）を含む）となり、アンプ25により増幅される。

#### 【0022】

変調信号として2周波CW信号120が選択される場合、アナログスイッチ18は2周波変調信号120と同期してスイッチングされる。すなわちミリ波発振器11の周波数が $f_1$ のときにはLPFa19の方向へ、 $f_2$ のときにはLPFb20の方向へIF信号142が入るように切り替わる。LPFa19は、ミリ波発振器11の周波数が $f_1$ の時のドップラ信号（周波数 $f_{d1}$ ）を、LPFb20はミリ波発振器11の周波数が $f_2$ の時のドップラ信号（周波数 $f_{d2}$ ）を生成する。ドップラ信号は、ADC21により離散値化され、信号処理装置22よりFFT解析され、ドップラ信号の周波数 $f_{d1}$ と位相 $\Phi_1$ 及び周波数 $f_{d2}$ と位相 $\Phi_2$ を求めることができる。ここで、前方車2との車間距離 $R$ 及び相対速度 $V$ は式3より計算できる。

#### 【0023】

$$V = C \cdot f_{d1} / (2 \cdot f_1) \text{ または } C \cdot f_{d2} / (2 \cdot f_2) \quad (3)$$

ここで、 $C$ は電波伝播速度である。

また、車間距離 $R$ は次式により計算できる。

$$R = C \times (\Phi_1 - \Phi_2) / (4 \pi \Delta f) \quad (4)$$

ここで、検知した前方車の車間距離及び相対速度の情報は、シリアル通信手段等により外部のACC装置などに送られ、ACC装置が車両走行制御を行なう。

#### 【0024】

次に、相対速度の絶対値が一定以下もしくは“0”の状態になった場合の検知方法について説明する。上述の通り、2周波CW方式はドップラ信号を利用して前方車を検知するが、相対速度が“0”に近い状態においては、前方車の検知ができなくなる。そこで、相対速度が“0”であっても前方車のIF信号を得ることができる変調方式を導入する。この変調方式が、周波数パルスCW方式であり、周波数をパルス状に変化させる変調方式である。

#### 【0025】

次に、図2と図3とを参照して、周波数パルスCW方式による物標検知手段の

原理について説明する。図 2 に示すように、周波数パルス CW 方式の送信信号は、通常は送信周波数  $f_c$  の送信信号を放射するが、任意の周期  $T$  (図 2 では  $0.666 \mu s$ ) であって任意の時間幅 (図 2 では、 $0.066 \mu s$ ) において、発振周波数  $f_{p1}$  (図 2 では、 $200 MHz$ ) もしくは  $f_{p2}$  (図 2 では  $140 MHz$ ) に切り替える。

## 【 0 0 2 6 】

図 3 に示すようにレーダ 31 を搭載する自車両 30 の前方に、複数の物標が任意距離の地点 (図 3 では、一例として前方車 A 32 が  $50 m$  前に、前方車 B 33 が  $100 m$  前に存在する) に存在した場合、それぞれ、図 2 に示す受信信号 1 と受信信号 2 とが反射される。受信信号 1 は受信パルス a と受信パルス b とを、受信信号 2 は受信パルス a' と受信パルス b' とを発生させる。ここで、受信パルス a 及び受信パルス a' は、送信パルス a が物標からの反射波から得られた信号であり、また受信パルス b 及び受信パルス b' は、送信パルス a が物標から反射して得られた信号である。それぞれのパルスの周波数は以下の通りとなる。

## 【 0 0 2 7 】

送信パルス a の周波数：  $f_c + f_{p1}$

送信パルス b の周波数：  $f_c + f_{p2}$

送信パルス c の周波数：  $f_c + f_{p1}$

受信パルス a 及び a' の周波数：  $f_c + f_{p1}$

送信パルス b 及び b' の周波数：  $f_c + f_{p2}$

## 【 0 0 2 8 】

ここで、送信パルスと、前方車 B 及び前方車 A からの受信パルスの遅延時間は、それぞれ  $0.666 \mu s$  と  $0.333 \mu s$  となる。図 2 において、送信パルス b の送信タイミングと、前方車 B 33 から反射される受信パルス a の受信タイミング及び送信パルス c の送信タイミングと前方車 A 32 から反射される受信パルス b の発生タイミングが同期するように、送信パルス a、b、c の間隔を  $0.666 \mu s$  に設定した場合、送信パルス a、b、c と受信パルス a、a'、b、b' から、それぞれ IF 信号パルス a、a'、b、b' が生成される。ここで、それぞれの IF 信号の周波数は、送信信号と受信信号の差をもち、以下の関係式が成り立つ。

## 【 0 0 2 9 】

I F 信号 a の周波数：  $f_{p a} = (f_{p 1} - f_{p 2})$

I F 信号 a' の周波数：  $f_{p 1}$

I F 信号 b の周波数：  $f_{p b} = (f_{p 1} - f_{p 2})$

I F 信号 b' の周波数：  $f_{p 2}$

## 【 0 0 3 0 】

従って、I F 信号パルス a、a'、b、b' の周波数は、それぞれ、 $f_{p 1}$ 、 $f_{p a}$ 、 $f_{p 2}$ 、 $f_{p b}$  となる。I F 信号パルス a'、b' は、前方車 A 3 2 からの受信信号 2 から生成されたものであり、I F 信号パルス a、b は前方車 B 3 3 から生成されたものである。ここで、I F 信号パルスの周波数  $f_{p 1}$ 、 $f_{p a}$ 、 $f_{p 2}$ 、 $f_{p b}$  が以下の関係を持つように、送信パルス周波数  $f_{p 1}$ 、 $f_{p 2}$  を決定する。

## 【 0 0 3 1 】

$$f_{p a} = f_{p b} \quad (5)$$

$$f_{p 1} = f_{p 2} + f_{p a} \quad (6)$$

$$f_{p a} < f_{p 1} \quad (7)$$

$$f_{p b} < f_{p 1} \quad (8)$$

## 【 0 0 3 2 】

ここで、 $f_{p a}$ 、 $f_{p b}$  は、 $f_{p 1}$ 、 $f_{p 2}$  と比較して低い周波数に設定される。I F 信号を処理する過程において、 $f_{p a}$ 、 $f_{p b}$  のみしか通過できない帯域フィルタを設けると  $f_{p a}$ 、 $f_{p b}$  のみを取り出すことが可能である。この  $f_{p a}$  と  $f_{p b}$  とは、100m 地点の物標が存在するために発生する I F 信号の周波数である。前方車 B 3 3 からは、 $f_{p a}$ 、 $f_{p b}$  と比較して周波数が高い  $f_{p 1}$ 、 $f_{p 2}$  の I F 信号しか得られないため、この I F 信号は帯域フィルタを通過できない。従って、I F 信号周波数である  $f_{p a}$ 、 $f_{p b}$  が得られることは、100m 地点に物標が存在することを意味する。

## 【 0 0 3 3 】

図 2 の例では、前方車 B 3 3 (100m 地点) の物標の I F 信号を抽出したがこのパルス周期を制御することにより、任意距離の前方車の I F 信号を得ることができる。例えば、パルス発生間隔を  $0.333 \mu s$  とした場合は、前方車 A 3 2 (5

0 m地点) の I F 信号周波数を得ることができる。つまり周波数パルスが発生させる間隔を変化させることにより、対象とする地点の物標の I F 信号を得ることができる。周波数パルスの発生間隔は、電波の往復時間に相当するので次式が成り立つ。

$$\tau = 2 \times D / C \quad (9)$$

ここで  $\tau$  はパルス変調時間間隔であり、 $D$  は I F 信号を得たい物標の距離であり、 $C$  は光速、すなわち、 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  である。

#### 【 0 0 3 4 】

以上のように、パルス発生 of 時間間隔と I F 信号の有無との関係から、任意距離にある前方物標の存在を検知することができる。図 4 に、パルス周期と I F 信号 (S/H 回路出力) の出力の関係を示す。図 3 に示すように、50 m 及び 100 m の地点に乗用車が存在する場合、図 4 の横軸 (パルス時間間隔) の  $0.333 \mu\text{s}$  及び  $0.666 \mu\text{s}$  に I F 信号のスペクトルを得ることができる。以上のように、周波数パルス CW 変調は、相対速度が 0 の状態でも I F 信号周波数を得ることができ、前方車の検出が可能である。

#### 【 0 0 3 5 】

図 1、図 2 及び図 11 を参照して、周波数パルス CW 方式の検波方法を説明する。この検波方式の I F 信号の変換は、図 1 において、アンプ 25 と、共振器 15 と、AC/DC 16 と、S/H 17 との経路で処理される。前方車と自車の間に相対速度がある場合は、ミリ波レーダ装置 1 は 2 周波 CW 変調信号 120 により、前方車 2 の距離及び相対速度を検出する。ACC 制御対象である前方車と自車の相対速度の絶対値が任意の数値範囲以下もしくは 0 となり、2 周波 CW 変調方式では検知できない場合は、周波数パルス CW 変調信号 121 に切り替える。パルス間隔は前方車が検知できなくなる前に 2 周波 CW 方式で取得した距離情報に基づいて、(9) 式により決定する。

#### 【 0 0 3 6 】

ACC 制御対象の前方車 2 と、それ以外の車両が存在する場合は、図 11 のアンプ出力に示すような I F 信号が得られる。ACC 対象車両の I F 信号は前述の図 2 に示す  $f_{pa}$  または  $f_{pb}$  であり、これらの周波数信号は共振器出力を通過



するが、それ以外の周波数をもつ I F 信号は除去され、図 1 1 に示すような共振器出力を得ることができる。

## 【 0 0 3 7 】

次に A C / D C により I F 信号の交流信号を直流信号に変換し、図 1 1 の A C / D C 出力に示される矩形信号が得られる。次に S / H 回路により矩形信号が存在するタイミングで信号のサンプルホールドをかけると、一定電圧信号を S / H から得ることができる。S / H 1 7 のサンプルホールドタイミングは、制御装置 2 3 により制御が行われ、変調器の周波数パルス C W 信号の出力タイミングとの同期が取られる。S / H 1 7 の出力は、A D C 2 1 を経てデジタル信号となり、信号処理装置 2 2 において信号処理がなされる。信号処理装置は S / H 1 7 の出力が O N と O F F とのいずれであるかを見分けるだけで目的とした距離に A C C 対象の前方車が存在するか否かを判断することができるため、簡単な信号処理手段を用いれば良い。

## 【 0 0 3 8 】

次に、図 5 に参照して本発明の位置実施の形態による電波レーダシステムによる制御フローについて説明する。A C C 開始時は、2 周波 C W 変調信号を選択する(処理 5 0 1)。次に I F 信号を F F T 解析(処理 5 0 2)し、スペクトルを抽出する(処理 5 0 3)。スペクトルの周波数情報から相対速度を、位相情報から距離をそれぞれ計算する(処理 5 0 4)。次いで、2 周波 C W 方式で検知した前方車情報をリストに登録する(処理 5 0 8)。次に、未検知フラグの O N / O F F を判断する(処理 5 0 5)。この未検知フラグは過去の処理結果から既に A C C 対象車両が相対速度 0 等で未検知が発生している場合に O N となる。この未検知フラグが O N の場合は、処理 5 1 2 に進み、変調方式を周波数パルス C W 変調に切り替える。未検知フラグが O F F の場合は、処理 5 0 6 において、前回まで検知していた A C C 対象車両が相対速度 0 で未検知となったか否かを判定する。未検知の場合は、未検知フラグを O N とし(処理 5 1 1)、処理 5 1 2 に進む。相対速度が 0 でなく車両の検知が継続される場合、処理 5 0 7 において相対速度の絶対値が  $\alpha$  以下の場合にも、処理 5 1 2 に進むようにする。これは相対速度の絶対値  $\alpha$  が 0 に近い範囲において 2 つの変調方式を併用し、前方車の検知に関する連続性を確

保するためである。2周波CW方式の検知で、ACC対象車両を見失ってから周波数パルスCW方式に切り替えた場合は、周波数パルスCW方式で再検知するまでの時間を要するため、ACCの制御性に悪影響が生じるのを防ぐためである。

## 【0039】

周波数パルスCW方式が選択された場合、パルス変調信号に切り替え(処理512)、前回まで検知していたACC対象車両の距離情報からパルス発生間隔の範囲を算出する(処理513)。パルス間隔は、前回検出したACC対象車両の距離を中心として任意の割合を乗算した距離範囲を算出し、前回検出したACC対象車両の距離の前後を走査するようにパルス発生間隔を変化させる。これは、ACC対象車両が見失ってから、短時間に別の距離に移動している場合、1点の距離のみのピンポイント的な検知では、ACC車両の見逃してしまう可能性があるためである。

## 【0040】

処理514において最初のパルス間隔を設定し、処理515において処理513で算出したパルス設定範囲の走査が完了するまでIF信号の有無の確認を継続する(処理516)。IF信号が有る場合には(処理517)、そのパルス発生時間間隔を記録し(処理518)、次のパルス発生時間間隔を設定する(処理514)。パルス設定範囲の走査が完了した場合は(処理515)、IF信号が確認できたパルス発生時間間隔より、前方車の検知距離を算出する(処理519)。

## 【0041】

周波数パルスCW方式によってもIF信号が確認できない場合は、前方車が他車線等にレーンチェンジしレーダ検知エリアから逸脱したこと判断するのが妥当であり、未検知フラグをOFFにして周波数パルスCW方式の検知を停止させる。周波数パルスCW方式によって検知できた場合は、検知した前方車情報をリストに登録する(処理522)。

## 【0042】

以上の2つの検知方式からより登録された前方車の情報リスト(処理508及び処理522による)よりACC処理装置に送信すべき前方車情報を選択し(処理509)、前方車情報をACC装置に送信する(処理510)。以上の処理をま

とめると、前方にACC対象車両が存在し相対速度が一定以上ある場合は、2周波CW方式のみの検知方式により車両の距離・相対速度を算出する。ACC対象車両の相対速度の絶対値 $\alpha \sim 0$ の場合やACC対象車両が未検知となった場合は、周波数パルスCW方式の検知方式を2周波数CW方式と並行して動作させる。これにより、両方の検知結果から最適なACC対象車両を検出しACC装置に情報を送信する。

## 【0043】

図6に、送信信号周波数の変調方式選択による送信信号周波数の切替の様子を示す。区間a、cは2周波CW変調方式による変調区間である。ACC対象の前方車との相対速度の絶対値が任意以上の速度差がある場合は、この方式のみを選択する。また区間b、dは周波数パルスCW変調方式による区間であり、相対速度の絶対値が任意以下もしくは0の場合（ドップラ信号が得られない場合）、周波数パルスCW変調方式、2周波CW変調方式と混在させても良い。

## 【0044】

図7に、上記の技術を用いた場合の、ACC制御における車間距離と、相対速度と、自車速度との時間依存（図18に対応する）を示す。当初、目標車間距離に対して実際の車間距離が大きい場合であって、前方車が自車よりも遅い速度で走行している場合（ポイント（A））、車間距離を一定にするように自車速度を減速する。これにより、相対速度が“0”に近づいていく。相対速度の絶対値が、あるしきい値 $V_{th}$ よりも小さくなると（ポイント（B））、2周波CW変調方式では前方車を検知できなくなるので、その前の時点で周波数パルス変調方式を併用し、あるいはこの方式に切り替えることにより、前方車の存在の有無を確認することができる。

## 【0045】

次に、前方車が走行速度を変化させた場合（減速した場合）などにおいて、例えばある時点で目標車間距離に対して実際の車間距離が小さくなると（ポイント（C））、目標車間距離に近づくように自車速度を下げる。この際、2車の相対速度は接近する方向に大きくなり、相対速度の絶対値が、あるしきい値 $V_{th}$ を越えると（ポイント（E））、再び2周波CW変調方式により2車間の相対速度

を検知可能となり、目標車間距離に近づくように制御を行う（ポイント（D））。ここで、ポイント（F）において、2周波CW方式から2方式併用に変更することにより、新しい自車設定速度で再び安定した走行を行うことが出来る。

## 【0046】

以上のように、ACC制御を行っている場合に、目標車間距離に近づいても前方車不検知の状態にはならないため自車の走行が安定する。尚、ある時点で目標車間距離に対して実際の車間距離が大きくなった場合も同様である。

## 【0047】

次に、周波数パルスCW変調を用いた別のレーダ検知方法について、図8及び図9を参照して説明する。図8に送信信号と受信信号の周波数変化を示す。送信信号の周波数パルス発生時間 $t_1$ 及びその受信信号の周波数パルス受信時間 $t_2$ を記録し、その時間差( $\Delta t = t_1 - t_2$ )を計算する。次式により、前方車の距離を測定することが可能である。

## 【0048】

$$D = C \times \Delta t / 2 \quad (10)$$

ここで、Dは前方物標の距離であり、 $\Delta t$ はパルス変調時間間隔、Cは光速  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  である。

## 【0049】

図9は、この方式を実現するレーダ装置のブロック図であり、図1における周波数パルスCW方式の際に用いられる回路構成を抜き出して示した図である。変調回路10からは、変調信号1650が出力される。ここで、図8の $f_{p3}$ は、共振器15を通過できるように、前述の図2で示すIF信号パルスa、bの周波数と等しくなるように設定される。共振器15を通過したIF信号は、さらに後段のAC/DC16により直流信号に変換され、図8のAC/DC変換器出力に示す矩形波信号を得ることができる。この信号の発生間隔を計測することにより、前述の $t_1$ 、 $t_2$ の時間を求めることができる。これらの信号の時間差計測は、信号処理装置22において、矩形波信号の立ち下がりもしくは立ち下がり信号のエッジで割込みを発生させて、そのときの内蔵タイマ値を取得することで時間差を計測することが可能である。また別の計測方法としては、ADC21により、信号

の発生間隔より十分に短い周期で信号をサンプリングし、信号振幅をモニタして時間間隔を計測することも可能である。この場合には、S/H回路が不要となる。

#### 【0050】

図10に、変調回路が出力する変調信号電圧レベルと発信器の周波数の関係を示す。2周波CW方式では2つの周波数( $f_1$ 、 $f_2$ )、周波数パルスCW方式では3つの周波数( $f_c$ 、 $f_c + f_{p1}$ 、 $f_c + f_{p2}$ )を用いる。ミリ波帯の発信器の場合、変調信号電圧が発信周波数と線形性を保たない場合が多く、FM-CW方式のように、変調方式によってはこの線形性確保するために特別な周波数制御回路を必要とする場合がある。本方式では、線形性確保するために特別な周波数制御回路を必要としない。上述の数点の変調信号レベル対発信周波数の関係を、予め信号処理回路のメモリ等に記憶しておき、これら電圧を適宜切り替えることで、発信周波数を制御することができる。つまり安価に回路を構成できる。

#### 【0051】

次に、本発明の第1の実施の形態によるACC装置であって、ミリ波レーダ装置を搭載したACC装置の構成例と動作の流れを、図12及び図13を参照して説明する。

自車両1201の前方(距離D1)に、前方車1202が走行している。ミリ波レーダ1203は、前方車1202との距離を計測し、その情報を、通信線を経由してACC装置1204に伝達する。運転者1205はコントロールパネル1206により、前方車との間で確保すべき車間距離を設定する。ACC装置1204は、設定した車間距離を確保すべく運転者が設定した車間距離とミリ波レーダ1203の測定距離とを比較しつつ、エンジン1207の出力を制御するアクセルスロットル1208の制御と車輪1209の制動を行なうブレーキアクチュエータ1210の制御とを行う。

#### 【0052】

図13は、ACC装置1204の制御に関する流れを示すフローチャート図である。まず、コントロールパネル1206に、確保すべき車間距離D0を設定する(処理1301)。次いで、ミリ波レーダより、ACC対象となる前方車車間

距離情報  $D_1$  を受信する（処理 1 3 0 2）。設定車間距離  $D_0 > D_1$  の場合（処理 1 3 0 5）、ブレーキアクチュエータ 1 2 1 0 を作動させて減速を行なう（処理 1 3 0 3）。設定車間距離  $D_0 > D_1$  の場合（処理 1 3 0 6）、アクセルスロットル 1 2 0 8 を作動させて加速を行なう（処理 1 2 0 4）。以上の処理により、ACC 装置 1 2 0 4 は、運転者 1 2 0 5 の設定した車間距離  $D_0$  を維持しながら、前方車 1 2 0 2 に追従する走行が可能となる。

#### 【 0 0 5 3 】

以上、本発明の実施の形態による電波レーダ装置によれば、2 周波 CW 方式の長所を生かしつつ、その欠点である相対速度あるしきい値よりも小さく検知限界以下になった場合でも、周波数パルス CW 方式を併用することで前方車の存在を検知することが可能である。しかも 2 周波 CW 方式の回路構成に周波数パルス CW 方式用の安価な回路を付加するだけですみ、かつ信号処理もそれほど複雑化しない構成で精度の良い装置を実現することができる。

尚、本実施の形態においては自動車同士を対象として説明したが、他の移動体を対象としても良い。その他、種々の変形が可能である。

#### 【 0 0 5 4 】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、2 周波 CW 方式の長所を生かしつつ、その欠点である相対速度があるしきい値以下の場合には周波数パルス CW 方式により前方車の存在の有無を検知することが可能であり、安定した追従走行が可能になる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の一実施の形態によるミリ波レーダ装置のブロック図である。

##### 【図 2】

本発明の一実施の形態によるミリ波レーダ装置における周波数パルス CW 方式の原理図である。

##### 【図 3】

自車両と複数前方車の位置関係を示す図である。

##### 【図 4】

周波数パルスCW変調のパルス時間間隔とS/H回路出力との関係を示す図である。

【図 5】

本発明の一実施の形態によるミリ波レーダ装置における変調方式切替処理の流れを示すフローチャート図である。

【図 6】

本発明の一実施の形態によるミリ波レーダ装置における送信周波数の切り替えの様子を示す図である。

【図 7】

本発明の一実施の形態によるミリ波レーダ装置における車間距離と相対速度と自車速度との時間依存性を示す図である。

【図 8】

本発明の一実施の形態の変形例によるミリ波レーダ装置における送信信号と受信信号の周波数変化を示す図である。

【図 9】

本発明の一実施の形態の変形例によるミリ波レーダ装置の構成を示す図である。

【図 1 0】

変調回路が出力する変調信号電圧レベルと発信器の周波数との関係を示す図である。

【図 1 1】

周波数パルスCW方式での回路で処理する信号を示す図である。

【図 1 2】

車間距離制御装置（ACC）のシステム構成を示す図である。

【図 1 3】

車間距離制御装置（ACC装置）の制御フローチャート図である。

【図 1 4】

2周波CW変調方式のミリ波レーダの構成例である。

【図 1 5】

2 周波 C W 変調信号と I F 信号との関係を示す図である。

【図 1 6】

自車と前方車との関係を示す図である。

【図 1 7】

I F 信号の周波数スペクトルを示した図である。

【図 1 8】

2 周波 C W 変調方式のミリ波レーダを用いて A C C 制御を行った場合の車間距離と、相対速度と自車速度との時間変化を示す図である。

【符号の説明】

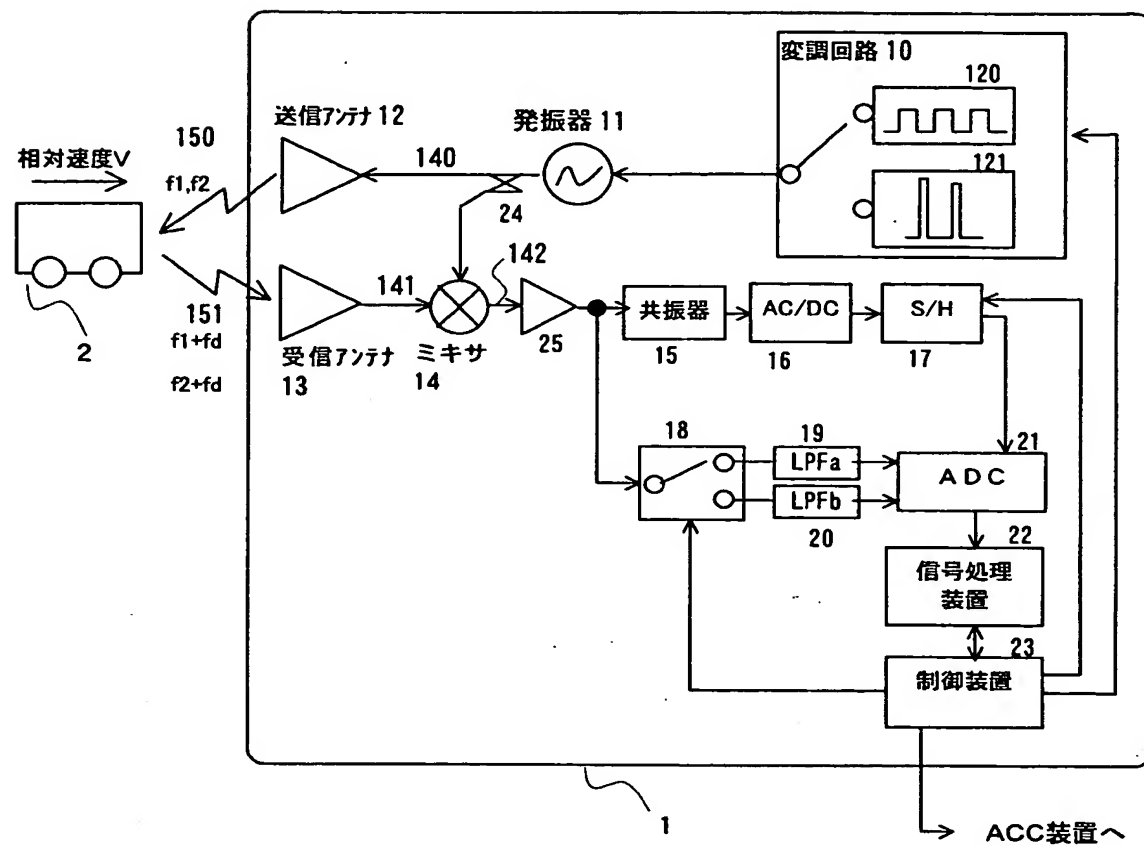
1 …ミリ波レーダ、2 …前方車、1 1 …ミリ波発振器、1 2 …送信アンテナ、1 3 …受信アンテナ、1 4 …ミキサ、1 5 …共振器、1 6 …A C / D C 変換器、1 7 …S / H 回路、1 8 …アナログスイッチ、1 9 …ローパスフィルタ a、2 0 …ローパスフィルタ b、2 1 …A D 変換器、2 2 …信号処理装置、2 4 …制御装置、2 5 …アンプ。



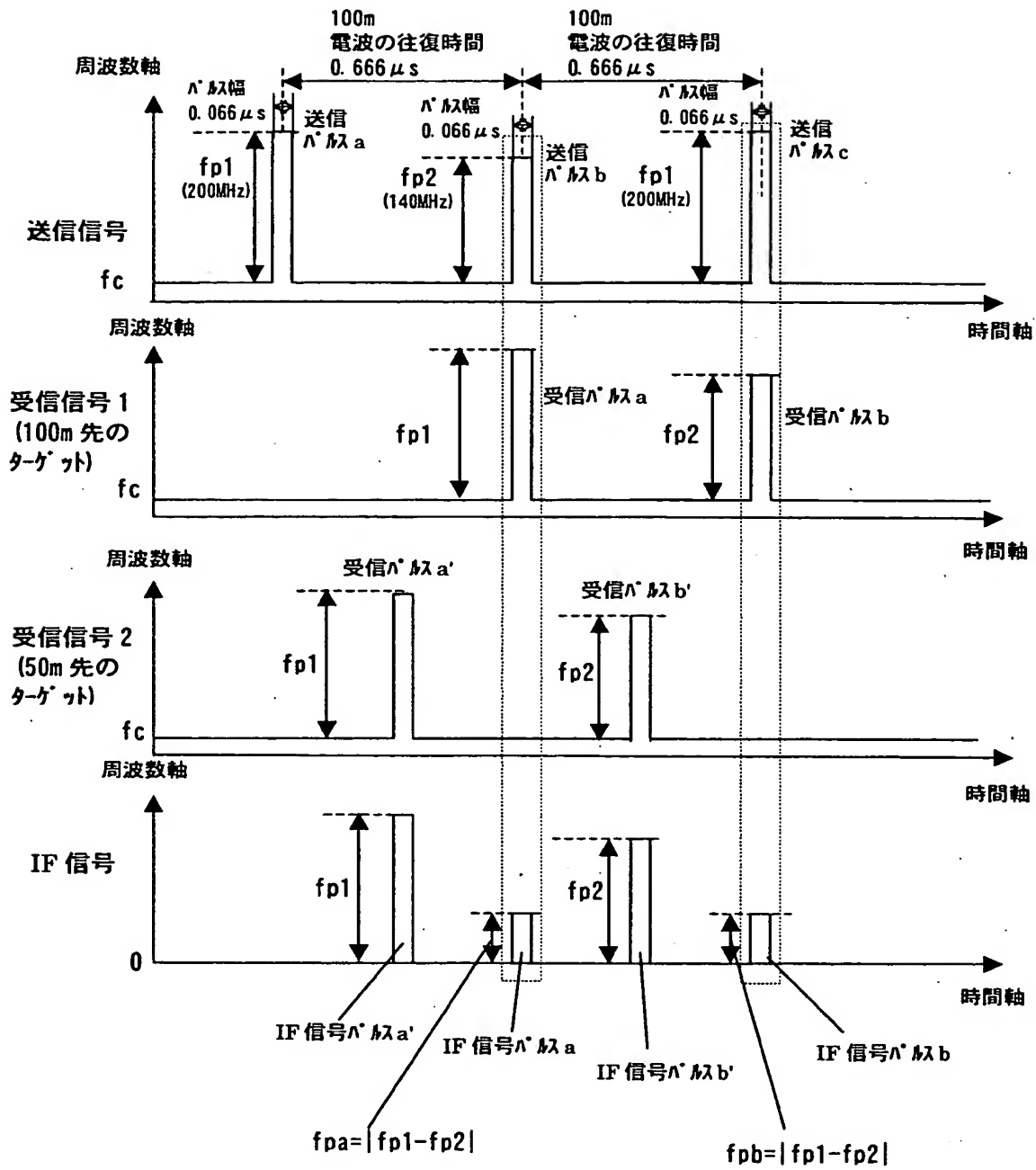
【書類名】

図面

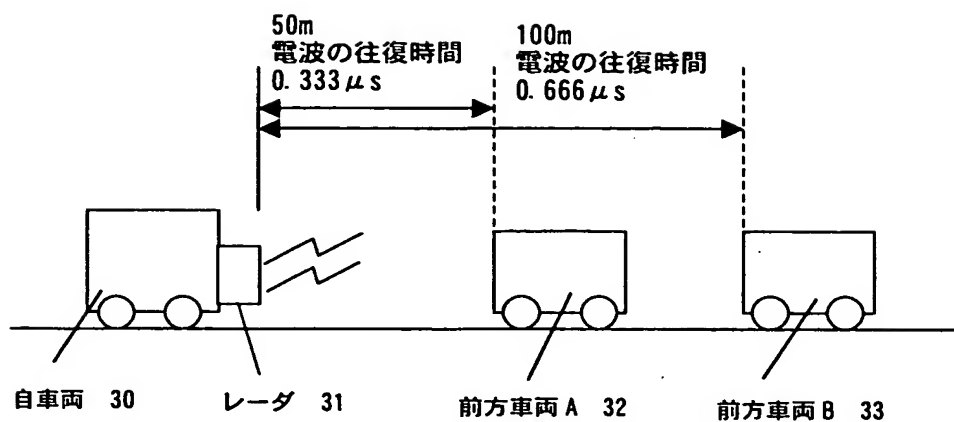
【圖 1】



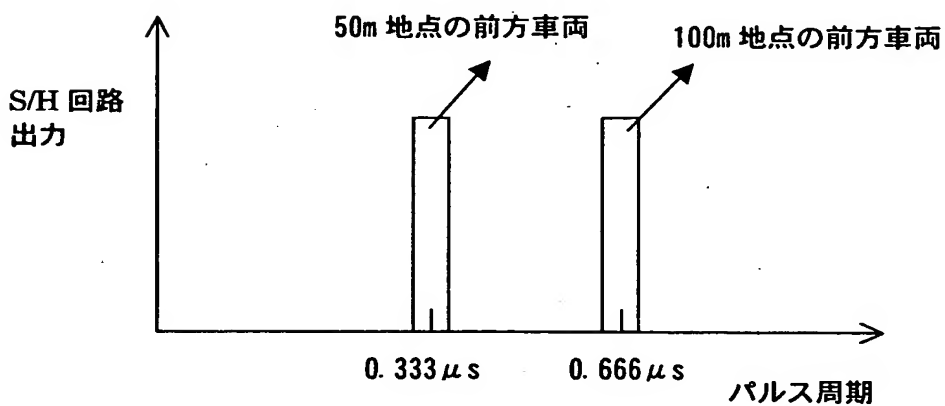
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

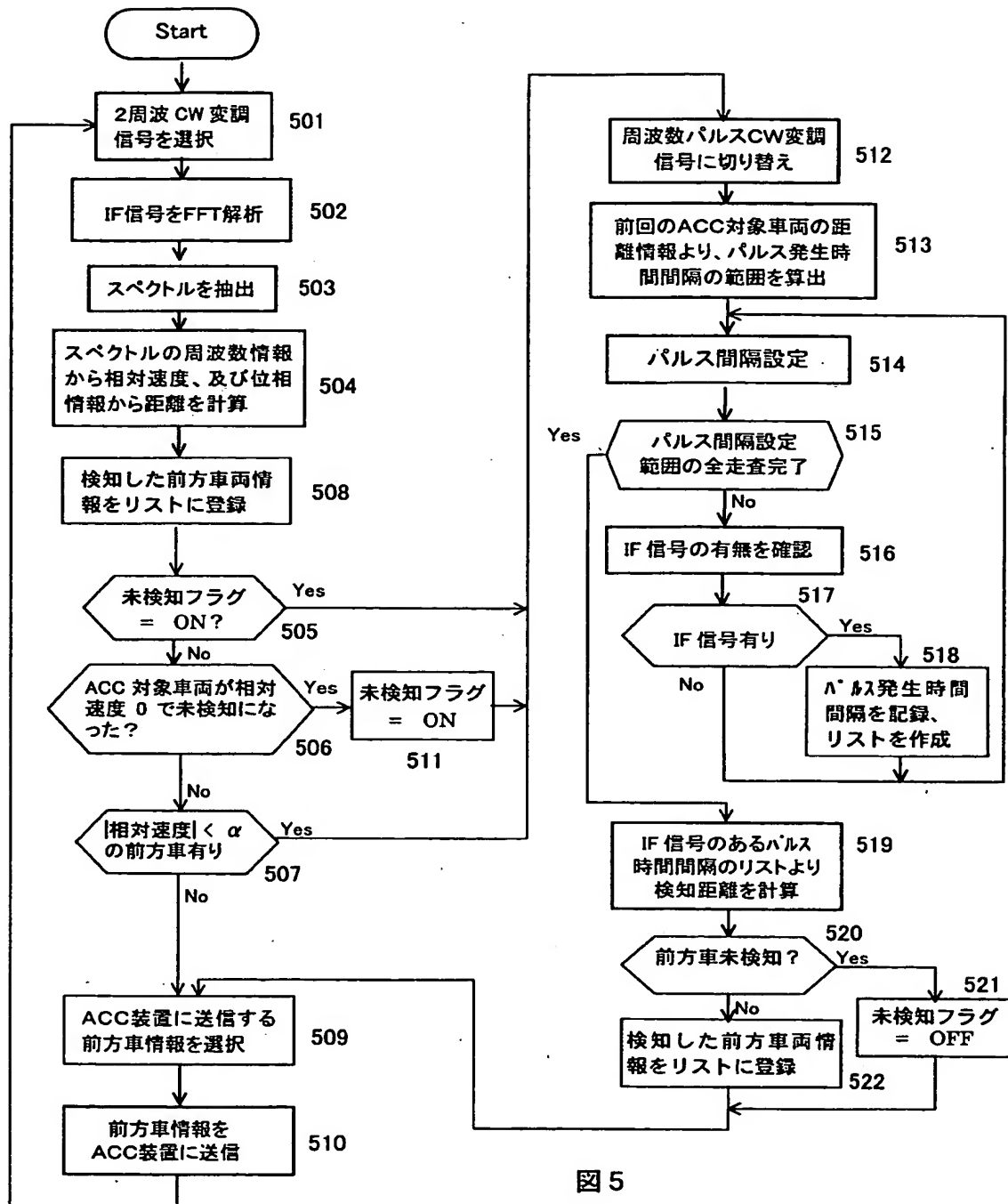
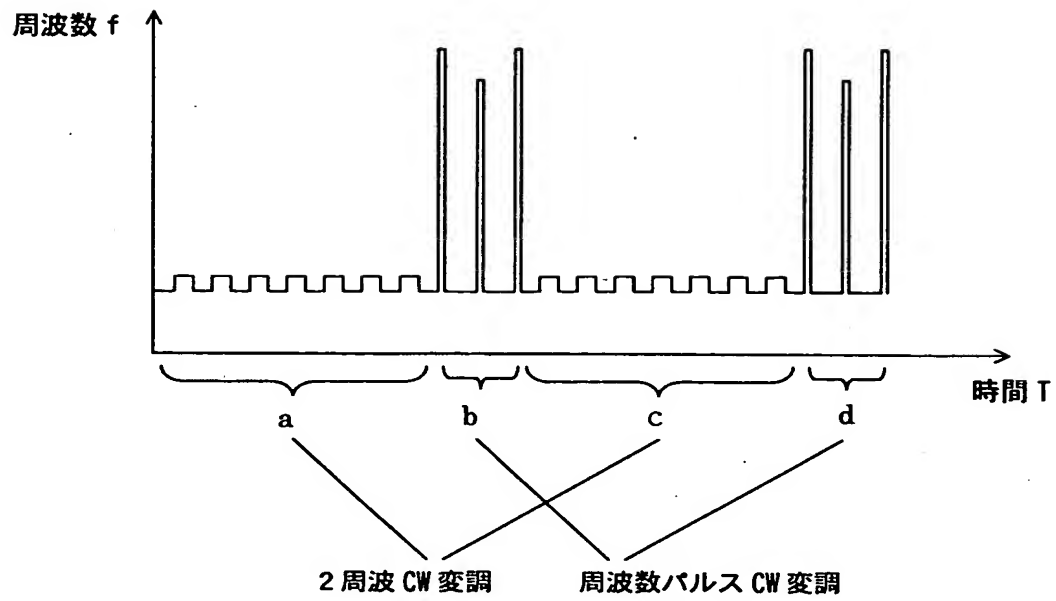
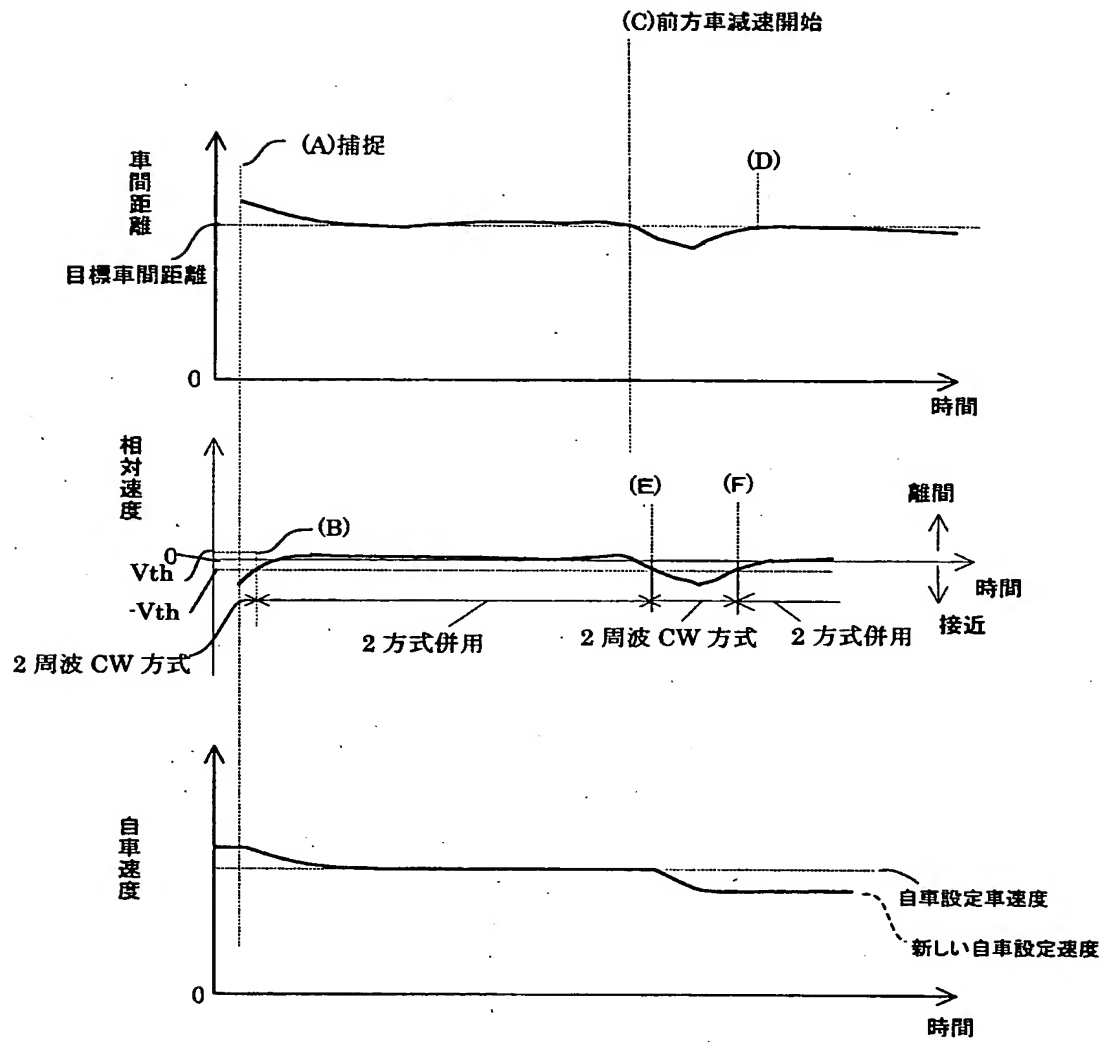


図 5

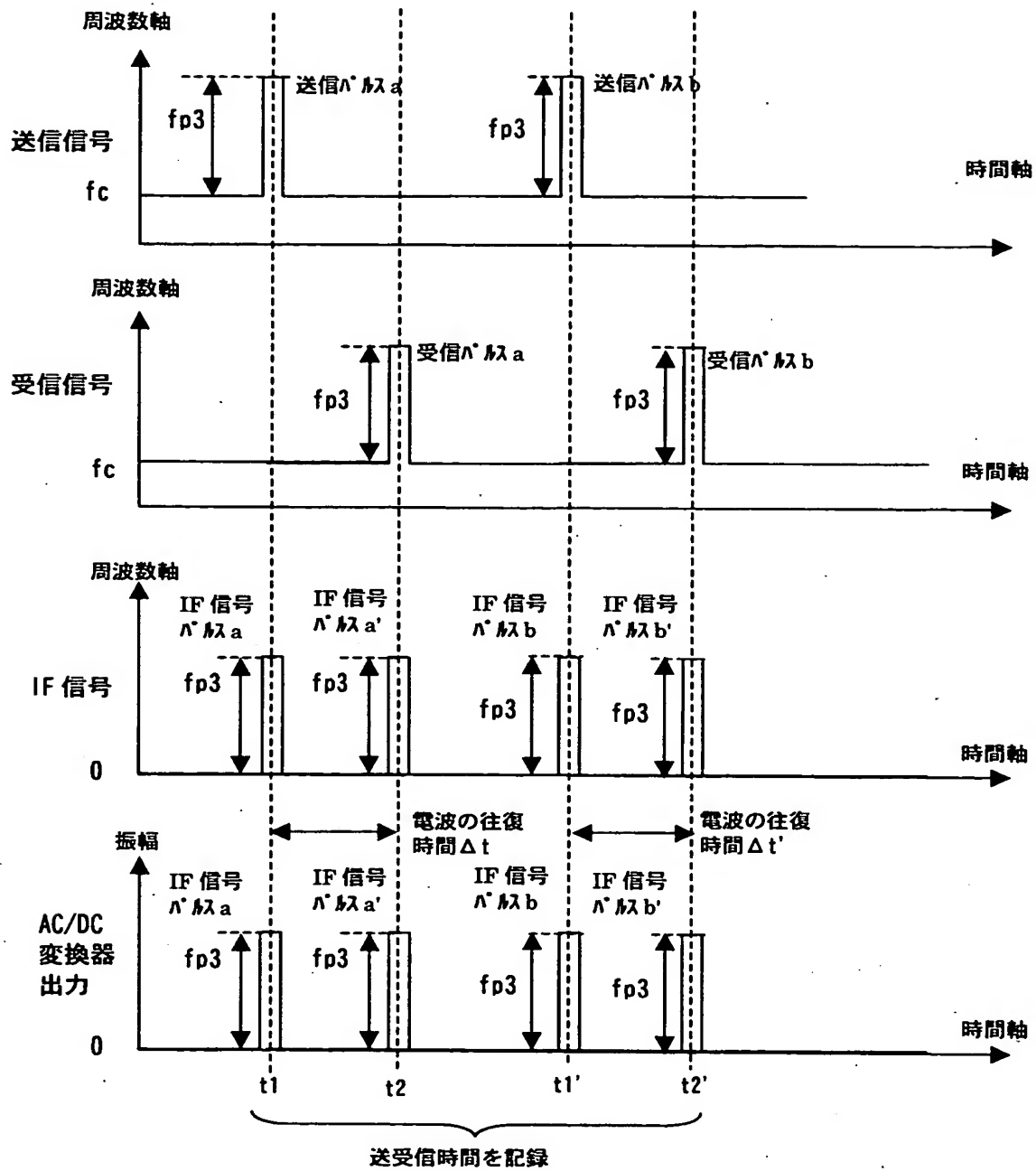
【図 6】



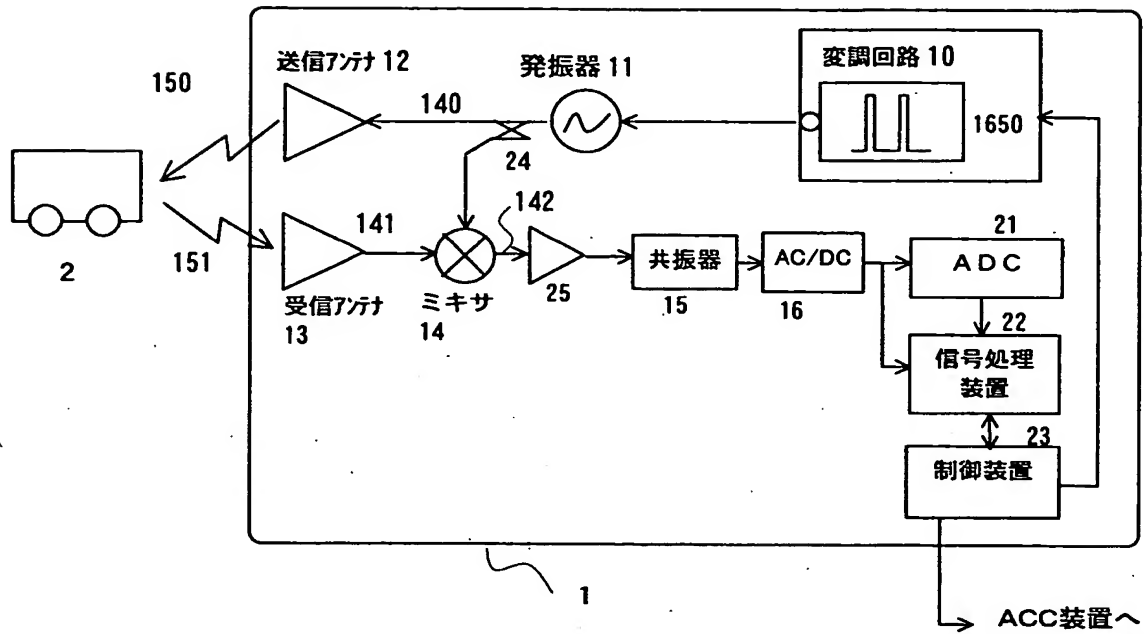
【図 7】



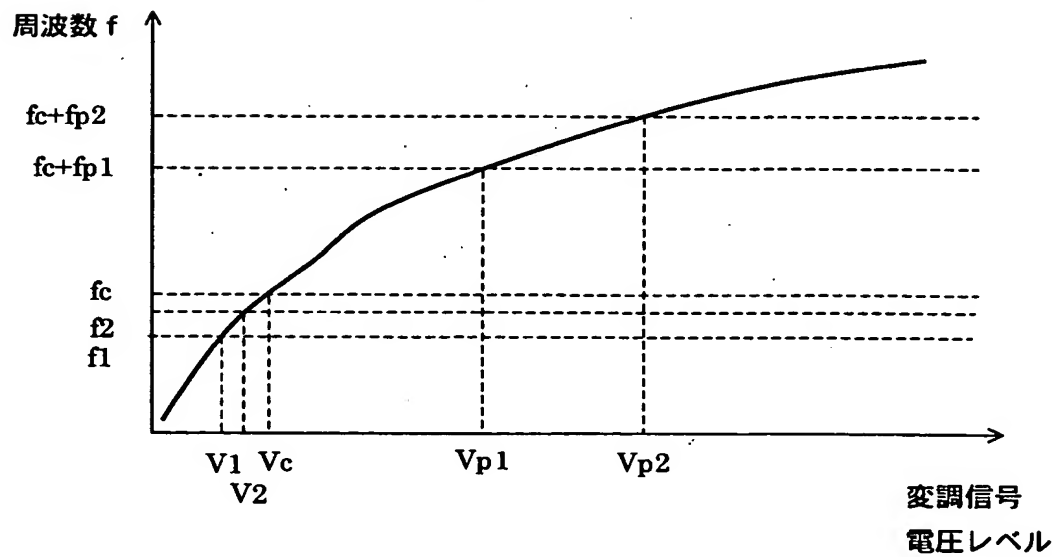
【図 8】



【図 9】

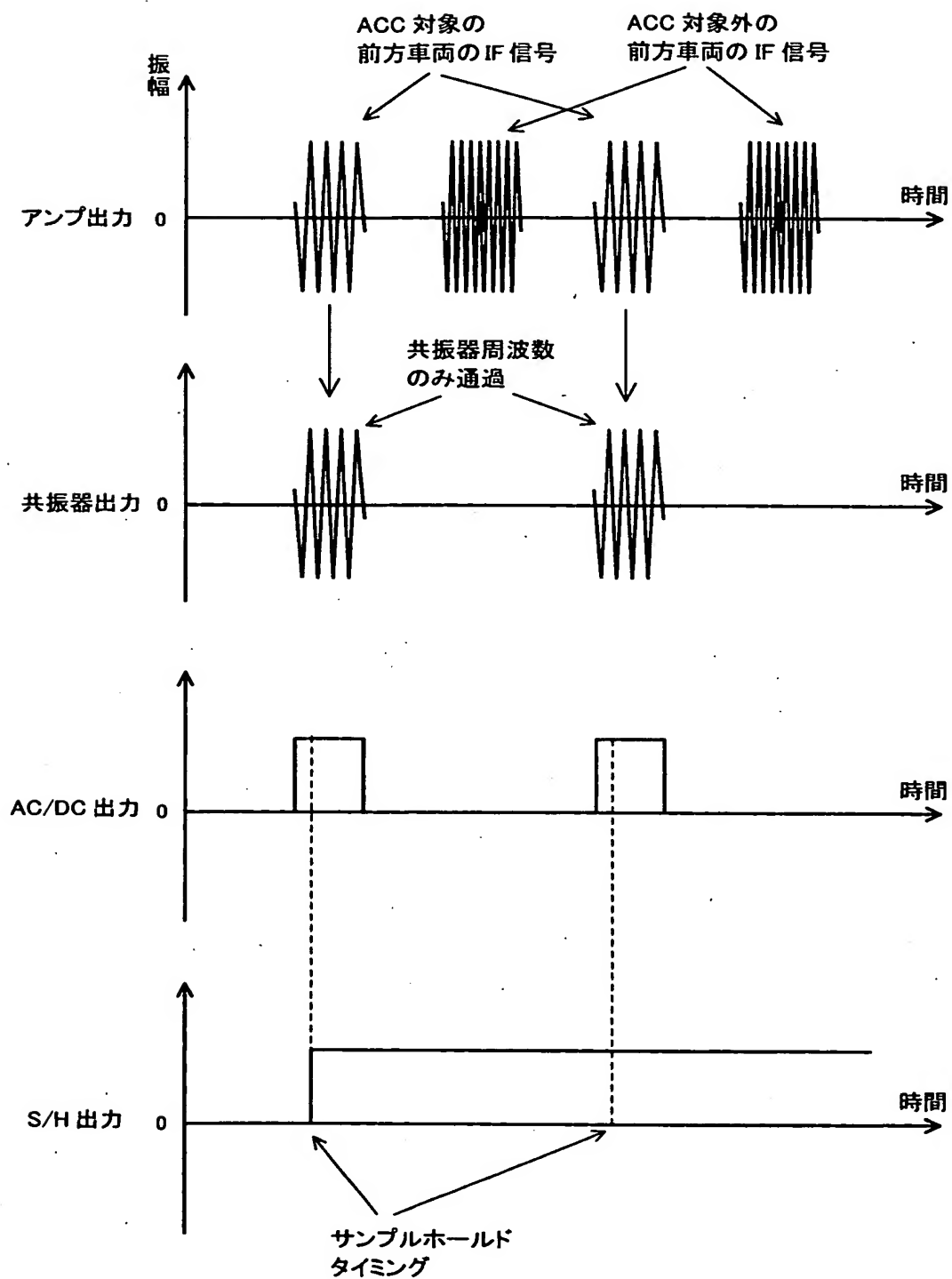


【図 10】

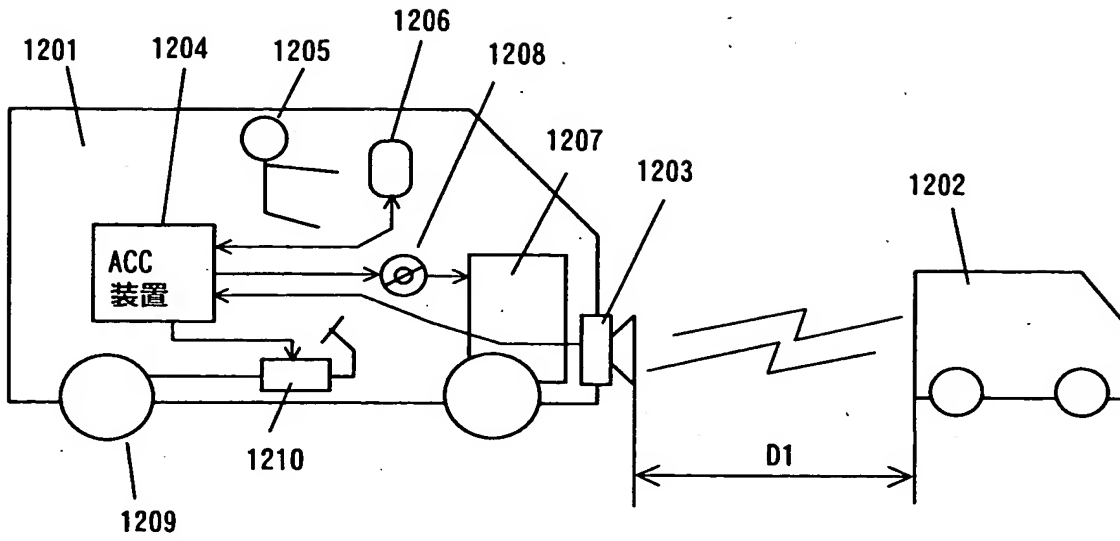




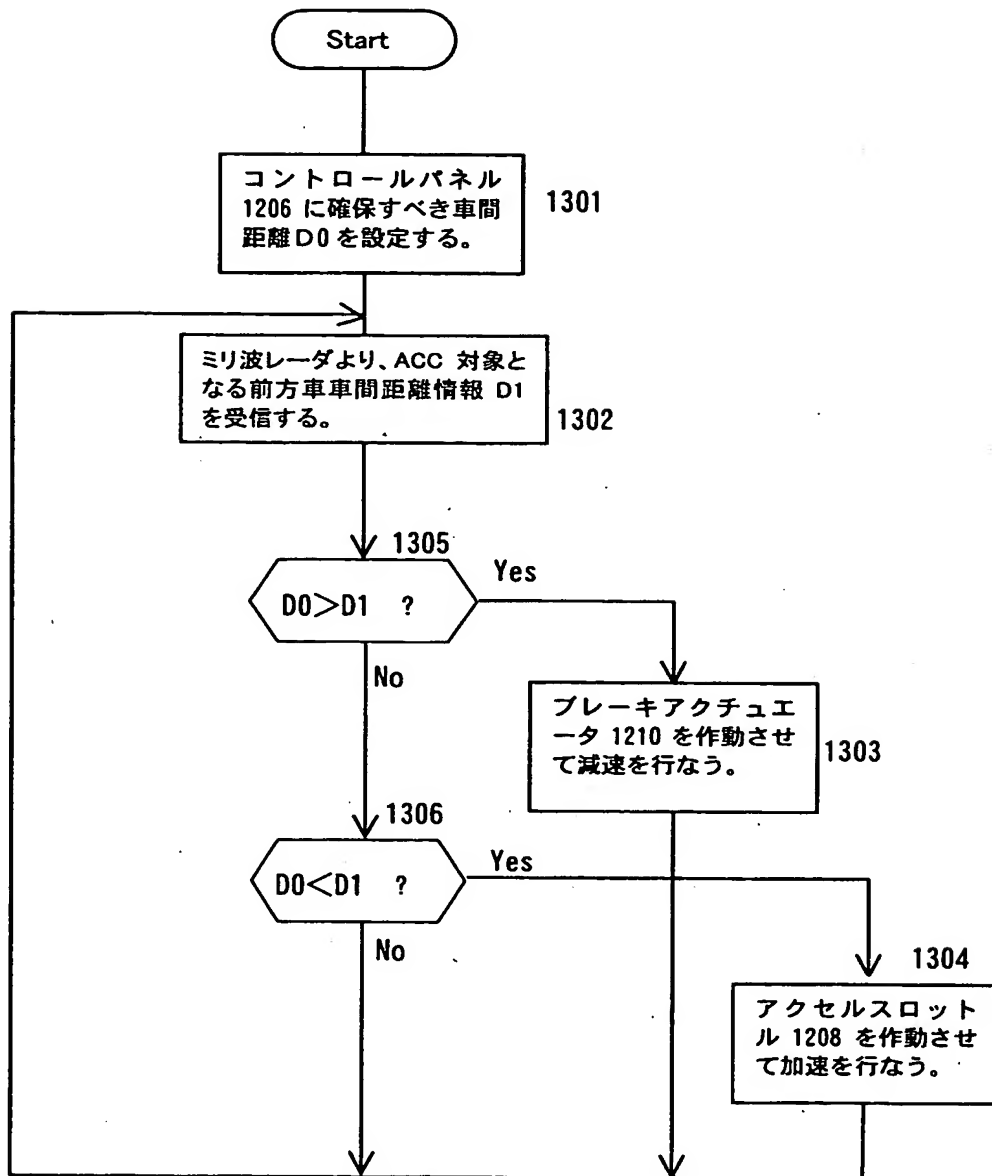
【図 1 1】



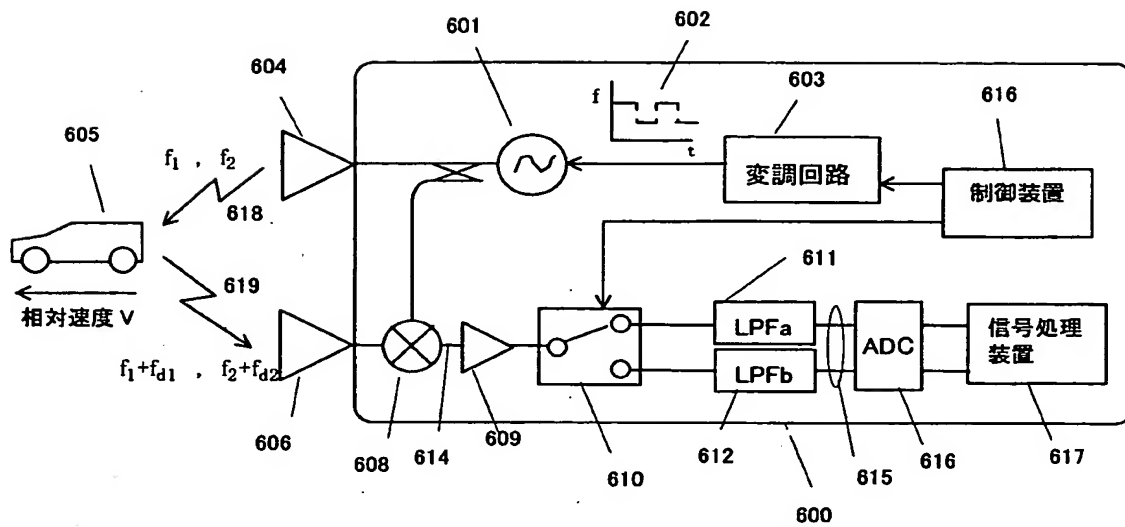
【図 1 2】



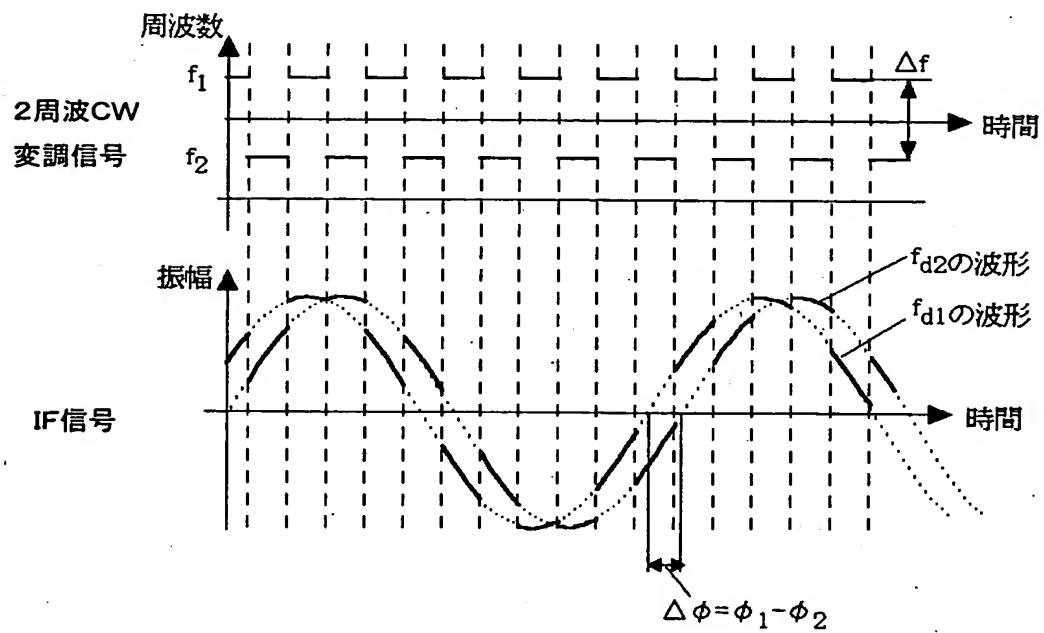
【図 13】



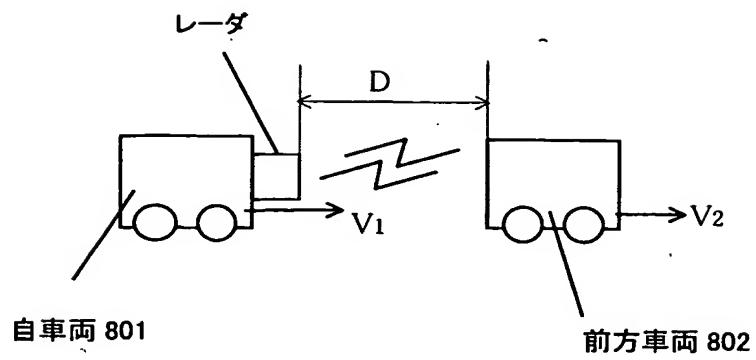
【図14】



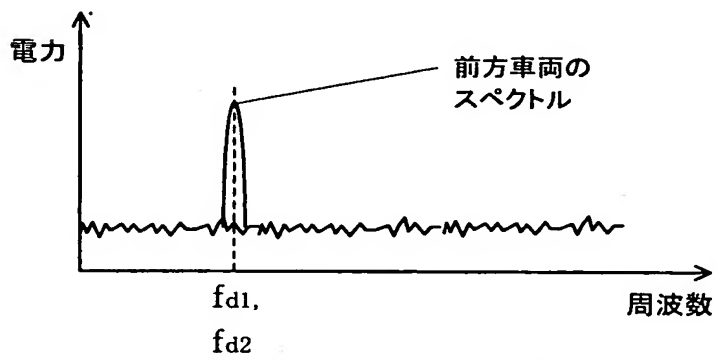
【図15】



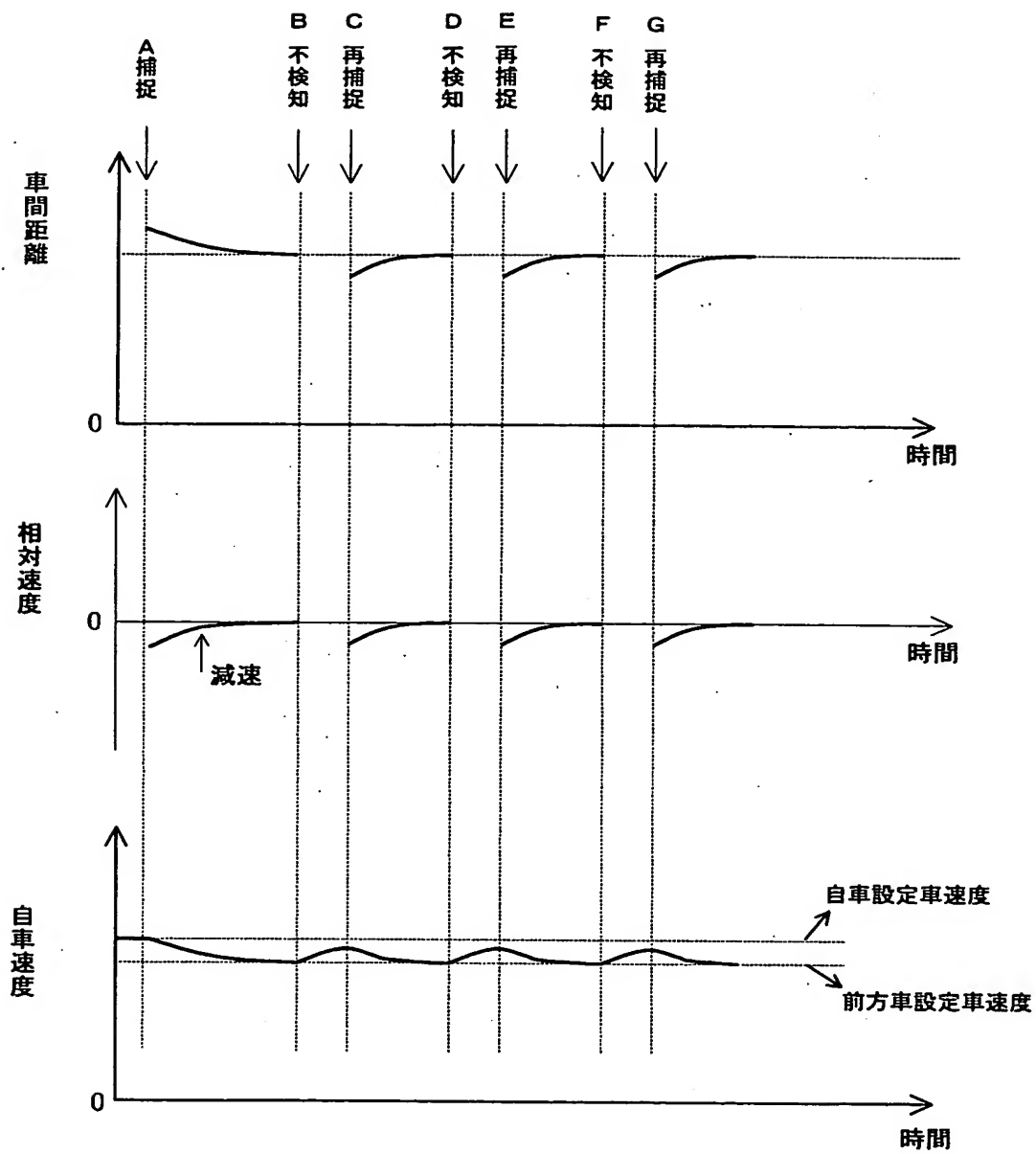
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 2 周波 C W 方式を用いた電波レーダにおいて、相対速度 0 状態においても、前方車の距離検知を可能とし、安定した A C C 追従走行を実現する。

【解決手段】 2 周波 C W 方式と周波数パルス C W 方式を組み合わせることで、相対速度がある時は、2 周波 C W 方式、相対速度 0 付近の状態では周波数パルス方式を混在させて、相対速度 0 でも前方車の反射波から得られる I F 信号を発生させて、A C C 対象車両の存在を検知し、安定した A C C 追従走行を可能とする。

【選択図】 なし

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**